

PAT-NO: JP02001354156A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001354156 A
TITLE: OMNIDIRECTIONAL MOVING DEVICE USING
SPHERICAL DRIVING WHEEL
PUBN-DATE: December 25, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
YAGI, EIICHI	N/A
KUBOTA, TETSUYA	N/A
SHIKODA, SHIGEKAZU	N/A
MISUMI, TAKANARI	N/A
NAKAJIMA, KATSUMI	N/A
KATSURAGAWA, TAKASHI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KAWASAKI HEAVY IND LTD	N/A
SHIN SANGYO SOUZOU KENKYU KIKO	N/A

APPL-NO: JP2000178561

APPL-DATE: June 14, 2000

INT-CL (IPC): B62D015/00, A61G005/02 , A61G005/04 ,
B60B033/08

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an omnidirectional moving device using a spherical driving wheel improved in travel stability.

SOLUTION: Three or more driving wheel assemblies W are arranged on a base 32. The respective driving wheel assemblies W support a top part 36 of the

spherical driving wheel 33 by a top part support roller 37, and support an outer peripheral part by three or more outer peripheral part support rollers 35, and the respective outer peripheral part support rollers 35 are journaled by an annular roller holder 38, and the roller holder is rotatably driven by a rotational driving source 39. The rotational axis 68 on a normal of a first virtual one plane 46 including the rotational axis 49 of the respective outer peripheral part support rollers 35 and a first virtual one plane passing through the center of the spherical driving wheel 33, is inclined in the directions different with respective driving wheel assemblies W to a normal of a traveling surface 89.

COPYRIGHT: (C) 2001, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-354156

(P2001-354156A)

(43) 公開日 平成13年12月25日 (2001. 12. 25)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト [*] (参考)
B 6 2 D 15/00		B 6 2 D 15/00	
A 6 1 G 5/02	5 1 2	A 6 1 G 5/02	5 1 2
	5 0 4		5 0 4
B 6 0 B 33/08		B 6 0 B 33/08	Z

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2000-178561(P2000-178561)

(22) 出願日 平成12年6月14日 (2000. 6. 14)

(71) 出願人 000000974

川崎重工業株式会社

兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号

(71) 出願人 597167748

財団法人新産業創造研究機構

兵庫県神戸市中央区港島南町1丁目5番2号

(72) 発明者 八木 栄一

兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社明石工場内

(74) 代理人 100075557

弁理士 西教 圭一郎 (外3名)

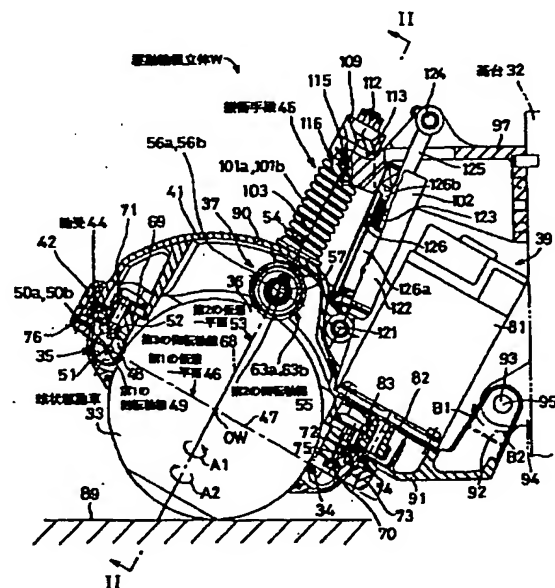
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 球状駆動輪を用いる全方向移動装置

(57) 【要約】

【課題】 走行安定性が向上された球状駆動輪を用いる全方向移動装置を提供する。

【解決手段】 基台32に3以上の駆動輪組立体Wを設ける。各駆動輪組立体Wは、球状駆動輪33の頂部36を頂部支持ローラ37によって支持し、外周部を3以上の外周部支持ローラ35によって支持し、各外周部支持ローラ35は、環状のローラ保持体38によって軸支し、ローラ保持体を回転駆動源39によって回転駆動する。各外周部支持ローラ35の回転軸線49を含む第1の仮想一平面46、および球状駆動輪33の中心を通る第1の仮想一平面の法線上の回転軸線68を走行面89の法線に対して各駆動輪組立体W毎に異なる向きに傾斜させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 (a) 基台と、

(b) 基台に3以上設けられる駆動輪組立体であって、この駆動輪組立体は、

(b1) 球状駆動輪と、

(b2) 球状駆動輪の中心を含む第1の仮想一平面上で外周円に対する接線に平行な第1の回転軸線まわりに回転自在であり、周方向に間隔をあけて3以上設けられる外周部支持ローラと、

(b3) 前記第1の仮想一平面に垂直でかつ球状駆動輪の中心を含む第2の仮想一平面上で、第1および第2の仮想一平面の交線に平行な第2の回転軸線まわりに回転自在に設けられ、球状駆動輪の頂部を支持する頂部支持ローラと、

(b4) 各外周部支持ローラを、前記第1の仮想一平面上の第2の回転軸線まわりに回転自在に保持し、前記球状駆動輪の中心を通りかつ第1の仮想一平面に垂直な第3の回転軸線まわりに回転自在に設けられる環状のローラ保持体と、

(b5) ローラ保持体を、前記第3の回転軸線まわりに回転駆動する回転駆動源とを含み、

(c) 前記第3の回転軸線は、各球状駆動輪の接地面の法線に対して予め定める傾斜角を成して傾斜されることを特徴とする球状駆動輪を用いる全方向移動装置。

【請求項2】 前記駆動輪組立体は、

球状駆動輪の前記頂部を含む略上半部を覆い、頂部支持ローラを第2の回転軸線まわりに回転自在に支持する上カバー体と、

前記ローラ保持体を、前記第3の回転軸線まわりに回転自在に支持する軸受と、
前記上カバー体の開口周縁部に着脱可能に設けられ、球状駆動輪の略下半部が嵌まり込んだ状態で、前記軸受を上カバー体の開口周縁部との間で挟持する下カバー体とを含むことを特徴とする請求項1記載の球状駆動輪を用いる全方向移動装置。

【請求項3】 前記上カバー体と基台との間には、弾性支持手段が介在されることを特徴とする請求項2記載の球状駆動輪を用いる全方向移動装置。

【請求項4】 前記駆動輪組立体は、前記基台の予め定める走行方向前方の部位に設けられる1つの前部駆動輪組立体と、前記走行方向後方の部位に相互に間隔をあけて設けられる2つの後部駆動輪組立体とから成り、前部駆動輪組立体の両側には、補助輪が設けられることを特徴とする請求項1〜3のいずれか1つに記載の球状駆動輪を用いる全方向移動装置。

【請求項5】 球状駆動輪は、金属製の球体の表面に、可撓性および弾発性を有する材料から成る表層が形成されることを特徴とする請求項1〜4のいずれか1つに記載の球状駆動輪を用いる全方向移動装置。

【請求項6】 球状駆動輪は、金属製または硬質合成樹

脂製の球体から成り、

頂部支持ローラは、前記金属製の球状駆動輪を弾発的に支持することを特徴とする請求項1〜4のいずれか1つに記載の球状駆動輪を用いる全方向移動装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、たとえば電動車椅子の駆動輪などとして好適に実施することができる球状駆動輪を用いる全方向移動装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、電動車椅子の駆動輪などとして各種の機構が開発されており、特に前後方向、左右方向、斜め方向および左右旋回の任意の方向に移動することができるホロノミック移動機構とも呼ばれる全方向移動装置として着目されており、このような全方向移動装置を電動車椅子として実施することによって、屋内での狭いスペースで任意の方向に、車体の向きを変えずに自在に移動することが可能である。

【0003】典型的な従来の技術では、2つ以上の駆動輪と所要数のキャストとを有し、各駆動輪の方向を各駆動輪毎に設けられる旋回装置によって傾動させて、希望する方向へ移動することができる電動車椅子が周知である。この電動車椅子は、旋回装置によってジョイスティックの入力操作に対応する向きに各駆動輪の方向を変えてから走行を開始するように構成されている。そのためジョイスティックの入力操作から動き出すまでに時間がかかるという問題がある。この問題を解決するために、他の従来の技術では車椅子の移動方向を瞬時に直角方向に変えられるオムニ車輪を用いた全方向移動車椅子が知られている。

【0004】図11は、他の従来の技術の全方向移動車椅子に用いられる駆動輪組立体1を簡略化して示す図であり、図11(1)は駆動輪組立体1の側面図であり、図11(2)は駆動輪組立体1の正面図である。この駆動輪組立体1は、メカナムホイールとも呼ばれ、回転軸2に固定されるホイールベース3の外周部に、一半径線4に垂直な第1の仮想一平面5上で、回転軸2の回転軸線6と前記一半径線4とを含む第2の仮想一平面7が前記第1の仮想一平面5と交差する交線8に対して角度 θ 1を成す回転軸線9まわりに回転自在に複数のローラ10が周方向に等間隔をあけて設けられる。前記角度 θ 1は、45度選ばれている。

【0005】このような駆動輪組立体1は、車体に4輪を設けられ、それぞれの駆動輪組立体1は操舵されずに、個別にモータによって回転軸線9まわりに回転駆動され、車体に設けられる前後、左右、回転の3軸のジョイスティックの操作によって速度および進行方向を制御して、任意の方向にその場で移動することができ、このような駆動輪組立体1を用いた全方向移動車両が既に提案されている。

【0006】図12は、さらに他の従来の技術の全方向移動車椅子に用いられる駆動輪組立体11を簡略化して示す図であり、図12(1)は駆動輪組立体11の側面図であり、図12(2)は駆動輪組立体11の正面図である。この駆動輪組立体11は、球状駆動輪12と、球状駆動輪12の上部に上方から弾発的に当接して支持する駆動ローラ13と、一对の支持ローラ14a、14bとを有する。前記駆動ローラ13は、ユニバーサルホイールとも呼ばれ、回転軸線15まわりに回転駆動され、周方向に等間隔に配置される複数の従動ローラ16を有する。各従動ローラ16は、球状駆動輪12の中心17を含む鉛直な第1の仮想平面18に対して角度 $\theta 2$ を成しかつ前記中心17を含む第2の仮想平面19上で、この第2の仮想平面19に垂直な駆動ローラ13の回転軸線15を中心とする仮想円に対する接線20を回転軸線21とし、この回転軸線21まわりに回転自在である。

【0007】これらの従動ローラ16は、前記回転軸線まわりに回転駆動される回転軸22に、周方向に等間隔をあけて前記回転軸線21まわりに回転自在に保持される。回転軸22は、ばね23によって球状駆動輪12の中心17に近接する方向に弾発的に押圧され、球状駆動輪12の走行時の振動を吸収し、かつ駆動ローラ13の回転力を球状駆動輪12に確実に伝達することができるように構成されている。

【0008】また各支持ローラ14a、14bは、球状であって、前記第1の仮想平面18に関して前記第2の仮想平面19とは反対側に角度 $\theta 3$ を成す第3の仮想平面24上で、第1の仮想平面24に垂直でかつ中心17を含む第4の仮想平面25に関して両側に角度 $\theta 4$ 、 $\theta 5$ を成す第5および第6の仮想平面26、27と、前記第3の仮想平面24との各交線28、29上に回転中心を有し、前記駆動ローラ13と共働して、いわば3点支持によって球状駆動輪12を全方向に回転自在に支持している。前記角度 $\theta 2 \sim \theta 5$ は、それぞれ 45° である。

【0009】このような駆動輪組立体11は、各駆動ローラ13の回転軸線15が接地面から上方になるにつれて相互に近接する方向に傾斜するようにして車体に設けられ、各駆動ローラ13の速度を制御することによって、たとえばジョイスティックなどの操作による速度および方向の入力指令に応じて希望する方向に移動することができる全方向移動車両を構成している。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上記の図11に示される従来の技術では、走行時に複数のローラ10が接地面に順次的に接地するため、接地面に対する各ローラ10の接地位置が断続的に変化し、これによって振動が発生する。したがって、このような駆動輪組立体11を車輪として備える電動車椅子では、走行時に各車輪が振動して

乗り心地が悪く、しかも前記振動による大きな走行音が発生するという問題がある。

【0011】また図12に示される従来の技術では、駆動ローラ13は、球状駆動輪12に対してばね23によるばね力によって押付けられた状態で1点でのみ摩擦接触して、前記球状駆動輪12に回転駆動力を伝えるような構成であるため、このような駆動輪組立体11を車輪として備える電動車椅子では、大きな駆動力を球状駆動輪12に伝えることができず、走行時に大きな駆動力が得られないという問題がある。

【0012】上記の各駆動輪組立体11は、電動車椅子だけでなく、その他の全方向移動装置、たとえば無人搬送車両(略称AGV)、移動ロボット、作業用台車などの各種の車両の駆動輪として実施した場合にも、同様な問題が生じる。

【0013】本発明の目的は、走行時の振動およびその振動に起因する大きな走行音の発生を防ぎ、大きな駆動力を得ることができるようにした球状駆動輪を用いる全方向移動装置を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の本発明は、(a)基台と、(b)基台に3以上設けられる駆動輪組立体であって、この駆動輪組立体は、(b1)球状駆動輪と、(b2)球状駆動輪の中心を含む第1の仮想平面上で外周円に対する接線に平行な第1の回転軸線まわりに回転自在であり、周方向に間隔をあけて3以上設けられる外周部支持ローラと、(b3)前記第1の仮想平面に垂直でかつ球状駆動輪の中心を含む第2の仮想平面上で、第1および第2の仮想平面の交線に平行な第2の回転軸線まわりに回転自在に設けられ、球状駆動輪の頂部を支持する頂部支持ローラと、(b4)各外周部支持ローラを、前記第1の仮想平面上の第2の回転軸線まわりに回転自在に保持し、前記球状駆動輪の中心を通りかつ第1の仮想平面に垂直な第3の回転軸線まわりに回転自在に設けられる環状のローラ保持体と、(b5)ローラ保持体を、前記第3の回転軸線まわりに回転駆動する回転駆動源とを含み、(c)前記第3の回転軸線は、各球状駆動輪の接地面の法線に対して予め定める傾斜角を成して傾斜されることを特徴とする球状駆動輪を用いる全方向移動装置である。

【0015】本発明に従えば、基台には、球状駆動輪を備える3以上の駆動輪組立体が設けられる。各駆動輪組立体は、球状駆動輪の上部が頂部支持ローラによって支持され、球状駆動輪の外周部は周方向に間隔をあけて3以上の外周部支持ローラによって支持される。各外周部支持ローラは、環状のローラ保持体によって回転自在に保持され、このローラ保持体は回転駆動源によって第3の回転軸線まわりに回転駆動される。

【0016】このようにしてローラ保持体が第3の回転軸線まわりに回転駆動されることによって、ローラ保持

体に設けられる各外周部支持ローラもまた、前記第3の回転軸線まわりに回転駆動され、これによって球状駆動輪は頂部支持ローラに頂部が支持された状態で回転力が与えられる。この第3の回転軸線は、各球状駆動輪の接地面の法線に対して予め定める傾斜角を成して傾斜しているため、これらの3以上の球状駆動輪に回転力が個別に与えられることによって、接地面に対して各球状駆動輪から回転方向に応じた、いわば接地面を後方へ押す方向に駆動力が発生し、各球状駆動輪は各駆動力の方向とは接地面上で直交する非駆動方向に自由回転し、各球状

【0017】したがって各ローラ保持体の回転駆動源による回転速度を個別に制御することによって、任意の方向へ任意の速度で全方向移動装置を移動させることが可能となり、全方向移動性を有する移動装置を実現することができる。

【0018】このように駆動輪組立体は、球状駆動輪の頂部が頂部支持ローラによって支持された状態で、複数の外周部支持ローラによって非駆動方向の回転を許容しながら前記第3の回転軸線まわりに回転駆動されるので、走行時に振動が発生せず、円滑に走行することができる。また振動が発生しないために、走行時に大きな走行音が発生することが防がれ、走行音の少ない静かな全方向移動装置を実現することができる。さらにローラ保持体の回転が複数の外周部支持ローラを介して球状駆動輪に伝えられ、しかも各外周部支持ローラは、球状駆動輪の中心を含む第1の仮想平面上の外周円の接線に平行な第1の回転軸線まわりに前記ローラ保持体によって保持されているので、ローラ保持体が回転駆動源によって前記第3の回転軸線まわりに回転された際に、各外周部支持ローラと球状駆動輪との間に大きな摩擦力を発生させることができ、これによって確実にローラ保持体の回転を各外周部支持ローラを介して球状駆動輪に伝達して、大きな駆動力で球状駆動輪を回転駆動し、全方向移動装置を全方向に対して大きな駆動力で走行駆動させることが可能となる。

【0019】請求項2記載の本発明は、前記駆動輪組立体は、球状駆動輪の前記頂部を含む略上半部を覆い、頂部支持ローラを第2の回転軸線まわりに回転自在に支持する上カバー体と、前記ローラ保持体を、前記第3の回転軸線まわりに回転自在に支持する軸受と、前記上カバー体の開口周縁部に着脱可能に設けられ、球状駆動輪の略下半部が嵌まり込んだ状態で、前記軸受を上カバー体の開口周縁部との間で挟持する下カバー体とを含むことを特徴とする。

【0020】本発明に従えば、上カバー体と下カバー体とによって軸受が挟持され、この軸受によって前記ローラ保持体が第3の回転軸線まわりに回転自在に支持される。上カバー体にはまた、頂部支持ローラが第2の回転

軸線まわりに回転自在に支持され、このようにして上部支持ローラとローラ保持輪とが位置決めされた状態で安定に球状駆動輪を支持し、下半部を下カバー体から下方に突出させた状態で外囲している。このような上カバー体および下カバー体によって外部から球状駆動輪に使用者の足またはその他の物体が直接接触することが防がれ、こうして球状駆動輪の回転に対する外乱が防がれ、したがって進行方向が外乱によって不所望に変化してしまうことが防がれる。

10 【0021】請求項3記載の本発明は、前記上カバー体と基台との間には、弾性支持手段が介在されることを特徴とする。

【0022】本発明に従えば、上カバー体と基台との間に弾性支持手段が設けられることによって、接地面の起伏および段差を吸収することができるので、走行面の起伏および段差にかかわらず、全ての球状駆動輪を接地面に接地させた状態とすることができ、常に全ての球状駆動輪の接地面に対する各駆動力のベクトル和の方向を進行方向として全方向移動装置を走行させることができ、

20 少なくとも1つの球状駆動輪の浮上がりによって、全ての球状駆動輪の各駆動力のベクトル和が崩れ、進行方向および速度がずれてしまうという不具合の発生が防がれる。

【0023】請求項4記載の本発明は、前記駆動輪組立体は、前記基台の予め定める走行方向前方の部位に設けられる1つの前部駆動輪組立体と、前記走行方向後方の部位に相互に間隔をあけて設けられる2つの後部駆動輪組立体とから成り、前部駆動輪組立体の両側には、補助輪が設けられることを特徴とする。

30 【0024】本発明に従えば、基台の前方の部位に1つの前部駆動輪組立体が設けられ、基台の後方の部位に2つの後部駆動輪組立体が設けられる。したがって走行面の起伏にかかわらず全ての駆動輪組立体が設置しており、走行面に起伏があっても、走行面に対して非接触となる車輪の発生が防がれる。前部駆動輪組立体の両側には補助輪が設けられる全方向移動装置の転倒が防がれる。

40 【0025】請求項5記載の本発明は、球状駆動輪は、金属製の球体の表面に、可撓性および弾性を有する材料から成る表層が形成されることを特徴とする。

【0026】本発明に従えば、球状駆動輪は、金属製の球体の表面に、ゴムなどの可撓性および弾性を有する材料から成る表層が形成されるので、この表層による振動の吸収によって走行時に基台に生じる振動が緩和されるとともに、接地面の微小な起伏が吸収され、この起伏による振動および走行音の発生が防がれる。

50 【0027】請求項6記載の本発明は、球状駆動輪は、金属製または硬質合成樹脂製の球体から成り、頂部支持ローラは、前記金属製の球状駆動輪を弾発的に支持することを特徴とする。

【0028】本発明に従えば、球状駆動輪は金属製または硬質合成樹脂製とされ、硬質であるため、接地面に対してほぼ点接触し、室内の床などのように大きなトルクを必要としない場合に好適に用いることができ、接地面との摩擦による無駄な動力が削減される。このような球状駆動輪は頂部支持ローラによって弾発的に支持され、走行時に接地面の微小な起伏による振動が吸収され、この起伏による振動および走行音の発生が防がれる。

【0029】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の実施の一形態の全方向移動装置31に用いられる駆動輪組立体Wを側方から見た断面図であり、図2は駆動輪組立体Wを図1の切断面線I-Iから見た断面図であり、図3は駆動輪組立体Wを図1の下側から見た底面図である。本実施の形態の全方向移動装置31は、後述の図6に示されるように、身体障害者および高齢者などによって用いられる電動車椅子であって、基台32と、この基台32に設けられる4つの駆動輪組立体W1~W4（総称する場合には駆動輪組立体Wと略記する）が設けられる。

【0030】駆動輪組立体Wは、球状駆動輪33と、球状駆動輪33の外周部34を支持し、周方向に間隔をあけて複数（本実施の形態では6）設けられる外周部支持ローラ35と、球状駆動輪33の頂部36を支持する頂部支持ローラ37と、各外周部支持ローラ35を周方向に前記間隔をあけて保持する環状のローラ保持体38と、ローラ保持体38を回転駆動する回転駆動源39と、球状駆動輪33の前記頂部36を含む略上半部を覆う上カバー体41と、球状駆動輪33の略下半部が着脱可能に嵌まり込み、上カバー体41の開口周縁部42に固定される下カバー体43と、ローラ保持体38を回転自在に支持し、上カバー体41の開口周縁部42と下カバー体43とによって挟持される軸受44と、上カバー体41と基台32との間に介在される弾性支持手段45を含む。

【0031】各外周部支持ローラ35は、球状駆動輪33の中心O_Wを含む第1の仮想平面46上で外周円47（図3参照）に対する接線48に平行な第1の回転軸線49まわりに回転自在に支持される各一对のローラ50a、50bと、各ローラ50a、50bを前記第1の回転軸線49まわりに回転自在に支持するローラ軸51と、ローラ軸51をその長手方向両端部付近で前記第1の回転軸線49まわりに回転自在に支持し、前記ローラ保持体38の一表面上に周方向に前記間隔をあけて固定されるブラケット52とを有する。

【0032】このような各外周部支持ローラ35の前記ローラ保持体38への取付間隔は、前記第1の仮想平面（図3参照）上において、ローラ中心O_Wに関して周方向に角度 θ を成して設けられ、この角度 θ は、本実施の形態において60°に選ばれる。このような外周部支持ローラ35は、少なくとも周方向に間隔をあけて3以

上必要であり、本実施の形態では球状駆動輪33に外周部支持ローラ35から局部的に大きな外力が作用することを避けて、その外力を分散し、円滑に球状駆動輪33の回転を許容した状態で支持するために周方向に等間隔をあけて6つの外周部支持ローラ35が設けられている。

【0033】前記頂部支持ローラ37は、球状駆動輪33の中心O_Wを含みかつ第1の仮想平面46に垂直な第2の仮想平面53上で、前記球状駆動輪33の中心O_Wを通りかつ第1および第2の仮想平面46、53の交線に平行な第2の回転軸線55まわりに回転自在に設けられる金属製の一对のローラ56a、56bと、各ローラ56a、56bを前記第2の回転軸線55まわりに回転自在に支持するローラ軸57と、ローラ軸57を支持するブラケット58と、各ローラ56a、56bをローラ軸57に対して第2の回転軸線55まわりに回転自在に軸支するローラ軸受59a、59bと、各ローラ軸受59a、59bの各内輪60a、60b間に前記ローラ軸57に装着された状態で介在され、各ローラ56a、56bおよび各ローラ軸受59a、59bの変位を阻止する直円筒状のスペーサ61とを有する。

【0034】各ローラ56a、56bの外周面63a、63bは、相互に近接する方向に小径となる円錐台状に形成され、各ローラ56a、56bが球状駆動輪33に接触した位置で、球状駆動輪33の外周面の曲率に比例した傾斜角で傾斜する円錐台面を成し、わずかな接触面積で接触して各球状駆動輪33の各駆動力の方向とは接地面89上で直交する非駆動方向への自由回転を許容し、球状駆動輪33の回転に安定して従動回転することができるよう構成されている。このことは前述の外周部支持ローラ35の各ローラ50a、50bに対しても同様であり、これらのローラ50a、50bの外周面64a、64bもまた、球状駆動輪33の外周面の曲率に沿った傾斜を成す円錐台状のテーパ面とされる。

【0035】前記ローラ保持体38は、前記軸受44によって球状駆動輪33の中心O_Wを含む第3の回転軸線68まわりに矢符A1、A2方向に回転自在に保持される。この第3の回転軸線68は、頂部支持ローラ37の第2の回転軸線55に前記第2の仮想平面53上で直交する一直線上に存在している。ローラ保持体38は、前記各外周部支持ローラ35のブラケット52が固定される円環状の取付リング69と、この取付リング69に同軸に積重された状態でボルト70によって固定される円環状のラック71とを有する。

【0036】このようなローラ保持体38を保持する前記軸受44は、取付リング69の外周に嵌まり込む内輪72と、上カバー体41の開口周縁部42と下カバー体43の開口周縁部73とによって挟持される外輪74と、内輪72および外輪74間に介在される複数の球状の転動体75とを有する。

【0037】カバー体41の開口周縁部42と下カバー体43の開口周縁部73とは、ボルト76によって着脱可能に連結される。下カバー体43の最も球状駆動輪33に近接した内周部77には、半径方向内方に部分的に突出する環状のフェルトからなるシール材78が嵌着され、球状駆動輪33の外周面に接触している。このシール材78によって、球状駆動輪33の表面に付着したごみおよび水などが掻き落とされ、外周部支持ローラ35および頂部支持ローラ37への異物の係着、ならびに各軸受44; 59a, 59bへの異物の噛込みが防がれ、球状駆動輪33の円滑な回転が維持される。

【0038】このようなローラ保持体38は、各外周部支持ローラ35を、前記第1の仮想平面46上の第2の回転軸線55まわりに回転自在に保持し、前記球状駆動輪33の中心Owを通りかつ第1の仮想平面46に垂直な第3の回転軸線68まわりに矢符A1, A2方向に回転駆動源39によって選択的に回転駆動される。この回転駆動源39は、サーボモータ81と、サーボモータ81の出力軸82に固定されるピニオン83とを有する。ピニオン83は、ローラ保持体38のラック71に噛合し、サーボモータ81からの回転力が伝達される。

【0039】球状駆動輪33は、金属製の球体87と、この球体87の表面上に可撓性および弾性を有する材料であるたとえばゴムから成る表層88とを有する。球体87は、中空であり、前記外周部支持ローラ35および頂部支持ローラ37からの局部的に大きな圧力に対して十分な強度を有する。また表層88は、上記のように可撓性および弾性を有するので、車体の振動および走行面89の凹凸による衝撃を吸収し、基台32への振動および衝撃が緩和される。また前記可撓性および弾性を有する材料として、ゴムを用いることによって、走行面89に対して大きな摩擦力を発生させることができ、これによって球状駆動輪33の不所望な滑りを防止して、走行面89に対する滑りを防ぎ、所定の進行方向へ向かって確実に走行し、進路を変更し、加減速することができる。

【0040】前記上カバー体41は、球状駆動輪33の略上半部を覆う中空の略半球状のカバー部90と、カバー部90に一体的に連なり、前記サーボモータ81が取付けられるモータ取付部91と、このモータ取付部91からさらに突出して連なる連結部92とを有し、この連結部92は連結ピン93によって基台32の連結突部94に水平な軸線95まわりに矢符B1, B2方向に角変位自在に連結される。

【0041】基台32の前記連結突部94の上方には、ブラケット97が固定される。このブラケット97と前記上カバー体41のカバー部90との間には、前記弾性支持手段45が介在される。この弾性支持手段45は、2本のばねダンバ101a, 101bと、1本の油圧ダンバ102とから成る。各ばねダンバ101a, 101

bは、案内軸103と、案内軸103の軸線方向一端部に寄り形成される、ねじ部104に螺着されるばね力調整ナット105と、案内軸103に装着され、ばね力調整ナット105上に支持される円環状のばね受け片106と、案内軸103に装着され、一端部が前記ばね受け片106上に支持される圧縮コイルばね107と、各案内軸103に装着され、圧縮コイルばね107の他端部を支持するばね受け片108と、各案内軸103が挿通し、ばね受け片108を長手方向(図2の左右方向)両端部で支持する連結部材109と、この連結部材109から上方に突出した各案内軸103の突出部分に装着される押えばね110と、各押えばね110を抜止めする抜止め片111と、抜止め片111を案内軸103に抜止めする抜止めピン112とを有する。

【0042】前記連結部材109は、前記基台32に設けられるブラケット97の先端部付近が嵌まり込む嵌合凹所113が形成され、この嵌合凹所113の両側で対向する一対の凸部114には、連結ピン115の軸線方向両端部が挿通して支持される。連結ピン115は、前記基台32のブラケット97の先端部に軸線まわりに回転自在に挿入され、抜止めピン116によって抜止めされた状態で、ブラケット97に連結部109が相対的に角変位自在に連結される。

【0043】前記油圧ダンバ102は、軸線方向一端部がピン121によって上カバー体41のカバー部90に回転自在に連結されるシリンダチューブ122と、シリンダチューブ122内で軸線方向に移動自在に収容されるピストン123と、ピストン123に軸線方向一端部が固定され、軸線方向他端部がピン124によって回転自在にブラケット97に連結されるピストンロッド125とを有する。ピストン123には、シリンダチューブ122内の圧力室126a, 126bを連通する細い通路がオフィスとして設けられ、各圧力室126a, 126b間で空気が相互に熱化して、その時間的遅れによるダンピング効果によって緩衝することができるように構成されている。

【0044】このような弾性支持手段45によって、走行時に接地面89の起伏および段差を吸収し、常に全ての球状駆動輪33を接地面89に接地させた状態として、各球状駆動輪33の接地面89に対する各駆動力のベクトル和の方向を進行方向として、全方向移動装置31を後述の入力手段138のジョイスティック137の入力操作指令に対応する方向および速度に正確に動作させることができ、少なくとも1つの球状駆動輪33の浮上がりによって、全ての球状駆動輪33の各駆動力のベクトル和が崩れ、進行方向および速度が前記ジョイスティック137の入力操作指令に対してずれてしまうという不具合の発生が防がれる。

【0045】図4は、駆動輪組立体Wの外観および基台32への取付状態を示す側方から見た断面図であり、図

5は駆動輪組立体Wを図4の上方から見た平面図であり、図6は各駆動輪組立体W1~W4を備える全方向移動装置31の外観を示す斜視図である。全方向移動装置31は、前述したように電動車椅子であって、基台32には使用者が着座する座板シート131と、背板シート132と、左右一対の肘掛け133a、133bとが設けられる。

【0046】基台32の前部には、左右一対の足置き部134a、134bが前後方向に沿う軸線まわりに矢符C1、C2；D1、D2方向に角変位可能には設けられる。各足置き部134a、134bは図6に示される使用状態ではほぼ水平に配置され、未使用時には矢符C1、D1方向に角変位させてほぼ垂直に立上げておくことができる。一方の肘掛け部133aの前部には、ジョイスティック137の操作によって走行制御するための入力手段138が設けられる。このジョイスティック137を把持して前後方向、左右方向、斜め方向左右旋回方向に操作することによって、その操作方向に応じた方向および速度で全方向移動装置31を走行させることができる。

【0047】前記基台32は、フレーム本体141と、フレーム本体141に、その平面視において対角線方向に固定され、前記連結突部94を有する4つの取付体142a~142d（総称する場合は取付体142と記す）と、各取付体142に固定される前記ブラケット97とを含む。

【0048】図7は、基台32の具体的構成を示す平面図であり、図8は図7の切断面線VII I-VII Iから見た断面図であり、図9は取付体142の表面図である。なお、図7においては、図解を容易にするため、上方のブラケット97は省略されている。フレーム本体141は、図7に示される平面形状が大略的に四角形の外枠フレーム143と、外枠フレーム143から上方に突出して連なり、前記座板シート131から乗載される上フレーム144と、外枠フレーム143から下方に連なり、各取付体142a~142dが固定される下フレーム145とを有する。

【0049】各取付体142a、142bは左右両側に車体中心O_Bを含む鉛直面に関して45°の角1度で対象に一体的に形成される。また後方に設けられる取付体142c、142dは、前記鉛直面に関して左右両側にそれぞれ角度45°を成して対称に一体的に形成され、前部および後部で取付体ユニット146a、146bをそれぞれ構成している。

【0050】図10は、本発明の実施の一形態の全方向移動装置31の制御装置161の電気的構成を示すブロック図である。前述した前後方向移動装置31には、走行方向および走行速度を制御するために、制御装置161が備えられる。この制御装置161は、進行方向に向

かって左右方向の指令速度X'、前後方向の指令速度Y'および左右の旋回方向の指令速度φ'を入力する前記入力手段138と、入力手段138からの各指令速度X'、Y'、φ'にตอบสนองして各回転駆動源39のサーボモータ81を個別に制御し、各球状駆動輪33を前記各指令速度X'、Y'、φ'に対応する回転速度で回転駆動する回転速度指令信号v1、v2、v3、v4をそれぞれ出力する制御手段162と、制御手段162から出力される各回転速度指令信号v1~v4にตอบสนองして、各増幅回路164a~164dによって増幅し、各回転駆動源39のサーボモータ81a~81dに各回転速度指令信号v1~v4に対応する駆動電流を供給して、各球状駆動輪33の回転速度を個別に制御し、入力手段138のジョイスティック137の操作方向および各変位量に対応する各速度X'、Y'、φ'で全方向移動装置31を走行制御することができる。

【0051】このような制御手段161は、全方向移動装置31の走行によって非走行時における車体の回転中心O_Bが図11に関連して述べたように、X軸方向に偏心量a（右方を正とする）だけ偏心し、Y軸方向に偏心量b（前方を正とする）だけ偏心した位置に新たな回転中心O_B1を設定するための設定手段163を含む。この設定手段163は、たとえば全方向移動装置31の姿勢などによって重心が車体中心O_Bから常にずれているような場合に旋回すると、転倒する恐れがあるため、予め姿勢を容易に変更できないような使用者に対しては、回転中心を予め車体中心O_Bからずらせておくことによって、旋回時などに車体中心O_Bに対する重心位置の偏心量が少なくてすみ、転倒する危険性を予め少なく設定するために用いられる。

【0052】このような設定手段163によって前記制御手段162は、新たな回転中心O_B1から各球状駆動輪33の設置点までの距離L1~L4を用いて下記の式1によって演算し、回転速度指令信号v1~v4を出力し、各サーボモータ81の回転数を変化させ、旋回走行時に全方向移動装置31およびその使用者に過大な遠心力が作用することが防がれ、転倒を防止することができる。

【0053】x軸を右進方向、y軸を前進方向とし、回転角φは反時計まわりを正とする。また駆動輪組立体をW1を右前、W2を左前、W3を左後、W4を右後とし、さらにまた、走行時の回転中心（移動前、すなわち対角線の交点）O_Bと各駆動輪組立体W1~W4の接地点との長さをL1~L4とする。このとき、車体中心O_Bの速度X'、Y'、φ'と各駆動輪組立体W1~W4の速度x_i'、y_i'（i=1、2、3、4）との関係は、次のようになる。

【0054】

【数1】

$$\begin{matrix} 13 \\ \begin{bmatrix} v1 \\ v2 \\ v3 \\ v4 \end{bmatrix} \end{matrix} = \begin{bmatrix} -\frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} \\ -\frac{\sqrt{2}}{2} & -\frac{\sqrt{2}}{2} \\ \frac{\sqrt{2}}{2} & -\frac{\sqrt{2}}{2} \\ \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} \end{bmatrix} \begin{matrix} L1 \cos \phi 1 \\ L2 \cos \phi 2 \\ L3 \cos \phi 3 \\ L4 \cos \phi 4 \end{matrix} \begin{matrix} 14 \\ \begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ \phi' \end{bmatrix} \end{matrix} \quad \dots (1)$$

【0055】本実施の形態によれば、基台32に設けられる各球状駆動輪33は回転駆動源39によって個別に回転駆動し、入力手段138によって、進行方向前方に向かって左右方向の指令速度 X' 、前後方向の指令速度 Y' および左右の旋回方向の指令速度 ϕ' が制御手段162に入力されると、制御手段162は、各回転駆動源39を制御して、各球状駆動輪33を各指令速度 X' 、 Y' 、 ϕ' に対応する回転速度で個別に回転駆動させ、全方向移動装置31は、各球状駆動輪33が接地面に対して発生する各駆動力のベクトル和の方向に進行させることができる。

【0056】このように制御手段162は、各球状駆動輪33に接地面に対してそれぞれ発生する各駆動力のベクトル和が、前記入力手段138によって入力された各指令速度 X' 、 Y' 、 ϕ' となるように、式1によって各球状駆動輪33ごとに設けられる回転駆動源39を制御するので、前後方向、斜め方向、左右の旋回方向の全方向に対して、全ての駆動輪を用いて走行し、入力手段138によって指令された方向および速度で全方向移動装置を走行させることができ、指令に対して進行方向のずれおよび応答遅れが生じてしまうという不具合が防がれ、応答性が向上される。

【0057】このように制御手段162は、入力手段138によって入力された各指令速度 X' 、 Y' 、 ϕ' をパラメータとして入力し、上記の演算式によって各球状駆動輪33の速度 $v1 \sim vi$ を求めて、各回転駆動源39を制御する。したがって入力手段138から入力される各指令速度 X' 、 Y' 、 ϕ' が、全方向移動装置の使用の入力操作によって変化しても、常に入力された各指令速度 X' 、 Y' 、 ϕ' に対応する方向および速度に全方向移動装置を走行させることができ、入力指令に対して高い応答性を達成することができる。

10* 【0058】さらに、前記制御手段162には、設定手段163によって非走行時の回転中心 O_B に対する X 軸方向の偏心量 a および Y 軸方向の偏心量 b を設定することができるので、全方向移動装置の走行時における重心位置の移動に対して、走行前に予想される各偏心量 a 、 b を入力して走行中の回転中心を、走行時の重心位置またはその近傍に設定し、この新たに設定した回転中心に関して上記の演算を行い、各球状駆動輪の回転速度 $v1 \sim vi$ を求め、全方向移動装置を入力した各指令速度 X' 、 Y' 、 ϕ' で走行させることができる。これによってその場で旋回するときの旋回中心を、車体の中心とし、旋回スペースを最小にすることができるとともに、全方向移動装置の走行時における重心位置に応じた実走行を達成することが可能となり、曲線走行または旋回走行などの車体中心に対して重心の移動が大きくなるような走行において、転倒および横滑りなどが生じにくくなり、走行安定性が向上されるとともに、最小半径で旋回することができ、狭い領域であっても容易に旋回することが可能となる。

30 【0059】上記の実施の形態では、基台32に4つの駆動輪組立体 $W1 \sim W4$ を備える。全方向移動装置31について述べたけれども、本発明の実施の他の形態として3つの駆動輪組立体を備える全方向移動装置においても、入力手段138へのジョイスティック137の操作方向および各変位量に応じて任意の方向に高い走行安定性で走行することが可能であり、さらに本発明の他の実施の形態では、5以上の i 個の駆動輪組立体を用いた全方向移動装置であっても、当業者にとって容易に想定することが可能である。この場合、前記制御手段162には、式2に示す演算式が設定されている。

40 【0060】

* 【数2】

$$\begin{matrix} \begin{bmatrix} v1 \\ v2 \\ \vdots \\ v_{i-1} \\ v_i \end{bmatrix} \end{matrix} = \begin{bmatrix} \cos(\phi 1 + \phi 1) & \sin(\phi 1 + \phi 1) & L1 \cdot \sin \phi 1 \\ \cos(\phi 2 + \phi 2) & \sin(\phi 2 + \phi 2) & L2 \cdot \sin \phi 2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \cos(\phi_{i-1} + \phi_{i-1}) & \cos(\phi_{i-1} + \phi_{i-1}) & L_{i-1} \cdot \sin \phi_{i-1} \\ \cos(\phi_i + \phi_i) & \cos(\phi_i + \phi_i) & L_i \cdot \sin \phi_i \end{bmatrix} \begin{matrix} \begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ \phi' \end{bmatrix} \end{matrix} \quad \dots (2)$$

【0061】さらに本発明の実施の他の形態では、上カバー体と下カバー体とによって軸受が挟持され、この軸受によって前記ローラ保持体が第3の回転軸線まわりに回転自在に支持される。上カバー体にはまた、頂部支持

ローラが第2の回転軸線まわりに回転自在に支持され、このようにして上部支持ローラとローラ保持輪とが位置決めされた状態で安定に球状駆動輪を支持し、下半部を下カバー体から下方に突出させた状態で外囲している。このような上カバー体および下カバー体によって外部から球状駆動輪に使用者の足またはその他の物品が直接接触することが防がれ、こうして球状駆動輪の回転に対する外乱が作用することが防がれ、したがって進行方向が外乱によって不所望に変化してしまうことが防がれる。

【0062】また上記の実施の各形態では、全方向移動装置として電動車椅子について述べたけれども、本発明はこれに限るものではなく、3以上の駆動輪組立体によって各種の移動装置、たとえば無人搬送台車（略称AGV）、移動ロボット、作業用台車などへの実施が可能である。

【0063】さらに本発明の実施の他の形態では、各球状駆動輪33を金属製または硬質合成樹脂製とし、頂部支持ローラ37によって弾発的に支持するように構成されていてもよい。頂部支持ローラ37によって前記金属製または硬質合成樹脂製の各球状駆動輪33を支持することによって、接地面に対してほぼ点接触し、室内の床などのように大きなトルクを必要としない場合に好適に用いることができ、接地面との摩擦による無駄な動力が削減される。このような球状駆動輪は頂部支持ローラによって弾発的に支持され、走行時に接地面の微小な起伏による振動が吸収され、この起伏による振動および走行音の発生が防がれる。

【0064】このような頂部支持ローラ37は、各ローラ56a、56bがゴムなどの可撓性および弾発性を有する材料によって形成されてもよく、あるいは各ローラ56a、56bの軸受59a、59bとローラ軸57との間に弾性部材を介在させてもよい。

【0065】本発明の実施のさらに他の形態では、3以上の駆動輪組立体を用いて、球状駆動輪を上方にして所定の間隔で配置し、製造ラインなどにおける製品の搬送用コンベアとして実施することもまた、可能である。

【0066】

【発明の効果】請求項1記載の本発明によれば、球状駆動輪の頂部を頂部支持ローラによって支持された状態で、接地面の法線に対して傾斜する回転軸線まわりに複数の外周部支持ローラによって回転し、このような駆動輪組立体を3以上基台に設けて所定方向および速度で走行することができるので、振動を伴わない連続した安定走行が可能となり、走行安定性が向上される。

【0067】またこのように駆動輪組立体は、球状駆動輪の頂部が頂部支持ローラによって支持された状態で、複数の外周支持ローラによって非駆動方向の回転を許容しながら前記第3の回転軸線まわりに回転駆動されるので、走行時に振動が発生せず、円滑に走行することができる。また振動が発生しないために、走行時に大きな走

行音が発生することが防がれ、走行音の少ない静かな全方向移動装置を実現することができる。さらにローラ保持体の回転が複数の外周部支持ローラを介して球状駆動輪に伝えられ、しかも各外周部支持ローラは、球状駆動輪の中心を含む第1の仮想平面上の外周円の接線に平行な第1の回転軸線まわりに前記ローラ保持体によって保持されているので、ローラ保持体が回転駆動源によって前記第3の回転軸線まわりに回転された際に、各外周部支持ローラと球状駆動輪との間に大きな摩擦力を発生させることができ、これによって確実にローラ保持体の回転を各外周部支持ローラを介して球状駆動輪に伝達して、大きな駆動力で球状駆動輪を回転駆動し、全方向移動装置を全方向に対して大きな駆動力で走行駆動させることが可能となる。

【0068】請求項2記載の本発明によれば、ローラ保持体が軸受によって回転自在に支持され、これらのローラ保持体および軸受は上カバー体と下カバー体とによって保持されるので、球状駆動輪の表面への外部からの遺物の付着が防がれるとともに、使用者の足などの接触からも保護されるので、安全性が向上されるとともに、足などの球状駆動輪への接触による進行方向の不所望なずれが防がれ、走行方向に対する走行安定性が向上される。

【0069】請求項3記載の本発明によれば、上カバー体と基台との間に弾性支持手段が介在されるので、走行面に起伏があっても常に各駆動輪組立体の球状駆動輪を設置した状態に維持して、速度および方向に対する走行安定性が確保される。また前記弾性支持手段によって走行面の起伏などによる振動が吸収されるので、基台の振動が緩和され、この全方向移動装置を、電動車椅子として実施した場合には、使用者への振動が減少されて、乗り心地が向上される。

【0070】請求項4記載の本発明によれば、基台の前方の上に1つの駆動輪組立体を設け、基台の後方の部位に2つの駆動輪組立体を設けた、いわば3車輪構造として、前方の駆動輪組立体の両側に補助輪が設けられるので、3つの駆動輪組立体の各球状駆動輪を全て設置した状態で走行することができ、走行面の起伏などによって球状駆動輪の1つが走行面から浮き上がってしまうという不具合が防がれ、走行および速度に対する走行安定性が向上される。また前方の駆動輪組立体の両側に設けられる補助輪によって旋回時の遠心力による転倒が防がれ、安全性が向上される。

【0071】請求項5記載の本発明によれば、球状駆動輪は金属製の球体の表面にゴムなどの可動性および弾発性を有する材料から成る表層が設けられた構成であるので、走行面の凹凸を表層によって吸収し、振動を減少させることができる。また走行面に対して表層が接触した状態で球状駆動輪が回転駆動されるので、走行面に対して大きな摩擦を得ることができ、球状駆動輪の滑りによる

動力の無駄が防がれるとともに、走行方向が不所望に変化してしまうことが防がれて、これによってもまた、走行方向および測度の点で走行安定性が向上される。

【0072】また請求項6記載の本発明によれば、球状駆動輪は金属製または硬質合成樹脂製とされ、硬質であるため、接地面に対してほぼ点接触し、室内の床などのように大きなトルクを必要としない場合に好適に用いることができ、接地面との摩擦による無駄な動力が削減される。このような球状駆動輪は頂部支持ローラによって弾発的に支持され、走行時に接地面の微小な起伏による振動が吸収され、この起伏による振動および走行音の発生が防がれる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の一形態の全方向移動装置31に用いられる駆動輪組立体Wを側方から見た断面図である。

【図2】駆動輪組立体Wを図1の切断面線I-Iから見た断面図である。

【図3】駆動輪組立体Wを図1の下側から見た断面図である。

【図4】駆動輪組立体Wの外観および基台32の取付状態を示す側方から見た断面図である。

【図5】駆動輪組立体Wを図4の上側からみた平面図である。

【図6】各駆動輪組立体W1~W4を備える全方向移動装置31の外観を示す斜視図である。

【図7】基台32の具体的構成を示す平面図である。

【図8】図7の切断面線V-Vから見た断面図である。

【図9】取付体142に正面図である。

【図10】本発明の実施の一形態の全方向移動装置31の制御装置161の電気的構成を示すブロック図である。

【図11】従来の技術の駆動輪組立体1を簡略化して示す図であり、図11(1)は駆動輪組立体1の側面図であり、図11(2)は駆動輪組立体1の正面図である。

【図12】他の従来の技術の駆動輪組立体11を簡略化して示す図であり、図12(1)は駆動輪組立体11の側面図であり、図12(2)は駆動輪組立体11の正面図である。

10

20

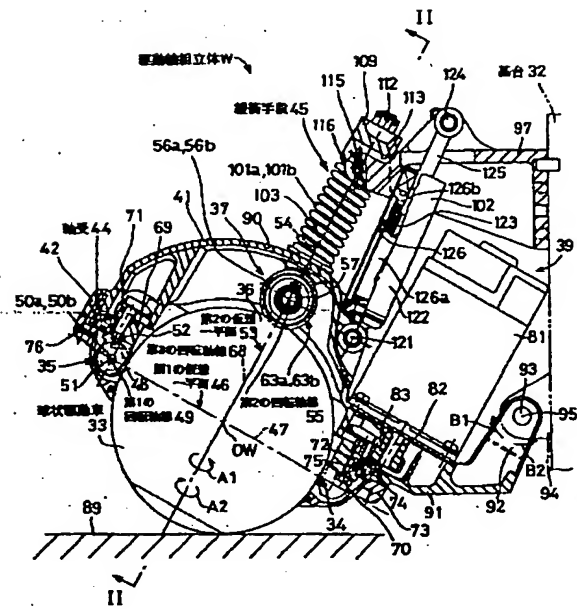
30

40

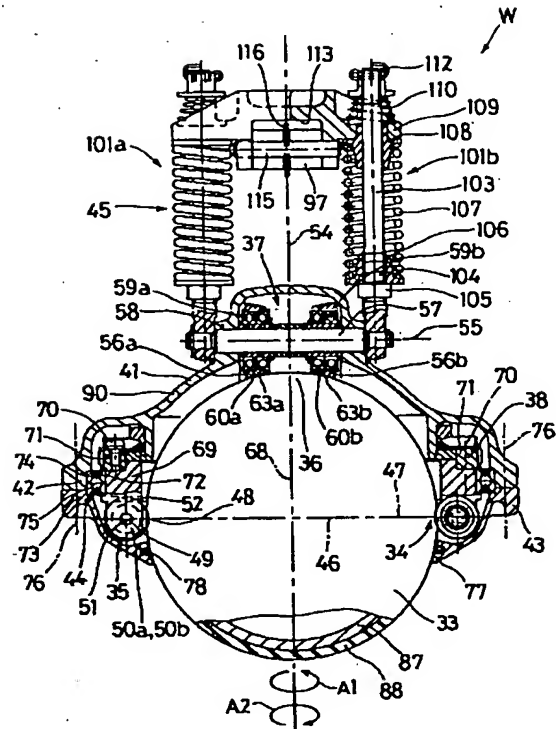
【符号の説明】

- 31 全方向移動装置
- 32 基台
- 33 球状駆動輪
- 34 外周部
- 35 外周部支持ローラ
- 36 頂部
- 37 頂部支持ローラ
- 38 ローラ保持体
- 39 回転駆動源
- 41 上カバー体
- 42 上カバー41の開閉周縁部
- 43 下カバー体
- 44 軸受
- 45 緩衝手段
- 46 第1の仮想一平面
- 47 外周円
- 48 接線
- 49 第1の回転軸線
- 50a, 50b; 56a, 56b ローラ
- 53 第2の仮想一平面
- 55 第2の回転軸線
- 63a, 63b 頂部支持ローラ37の外周面
- 64a, 64b 外周部支持ローラ35の外周面
- 68 第3の回転軸線
- 69 取付リング
- 71 ラック
- 73 下カバー体43の開口周縁部
- 81 サーボモータ
- 87 球体
- 88 表層
- 89 走行面
- 101a, 101b ばねダンパ
- 102 油圧ダンパ
- 137 ジョイスティック
- 138 入力手段
- 161 制御装置
- 162 制御手段
- 163 設定手段

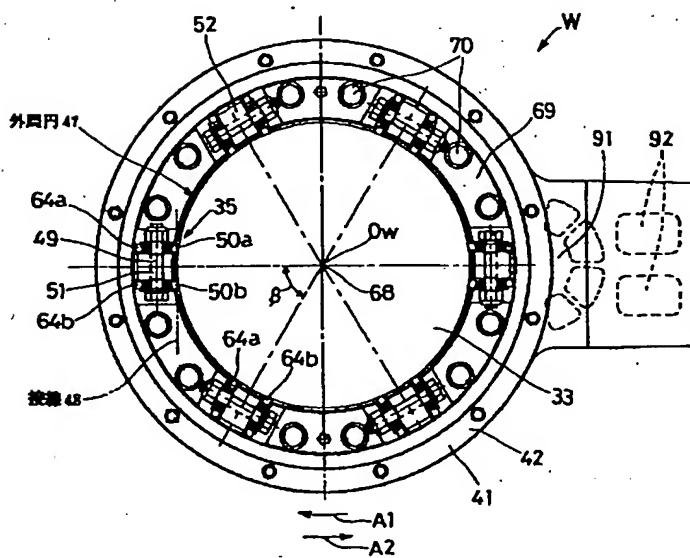
【図1】



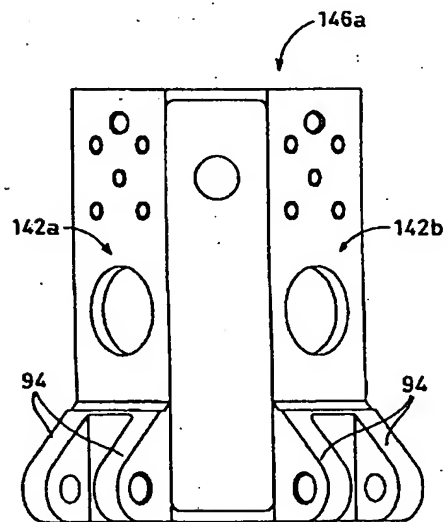
【図2】



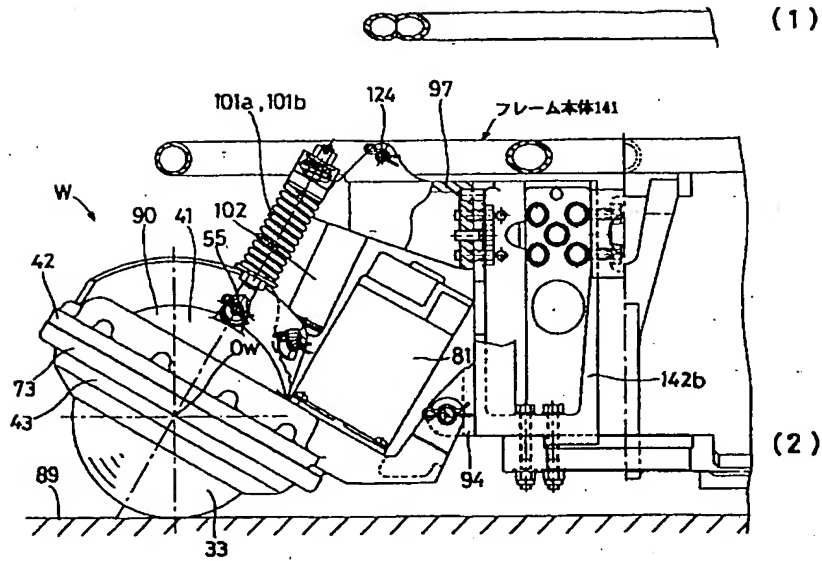
【図3】



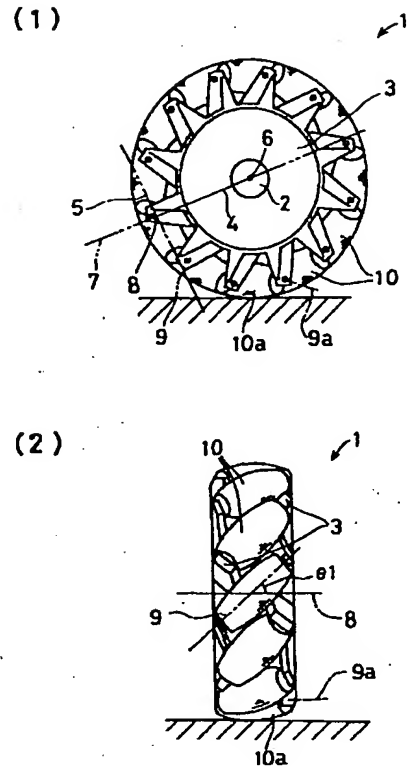
【図9】



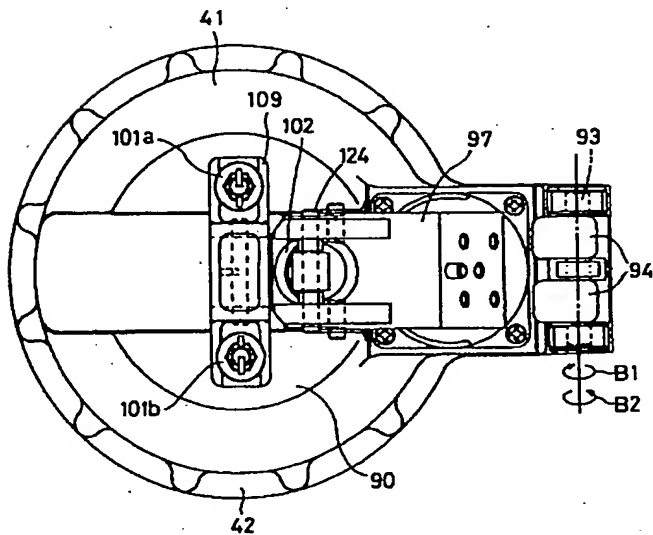
【図4】



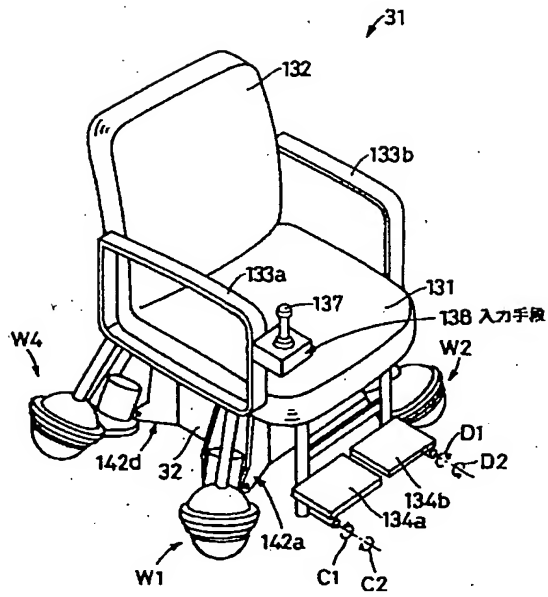
【図11】



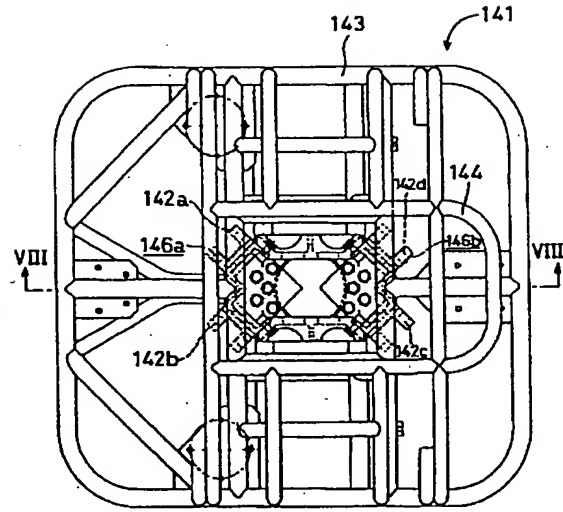
【図5】



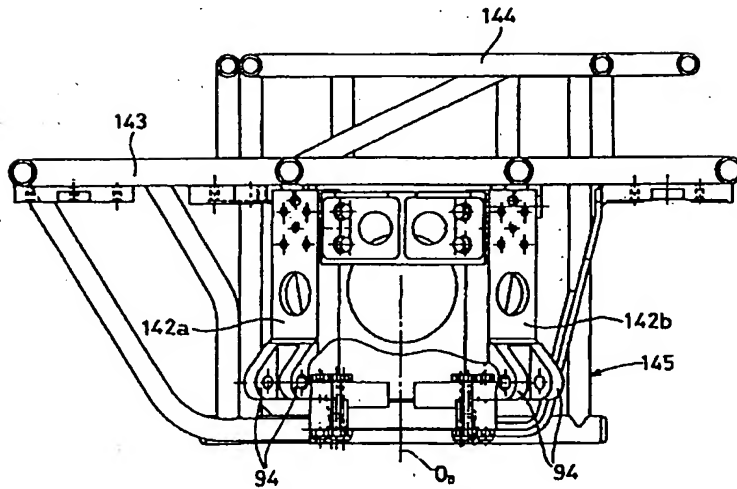
【図6】



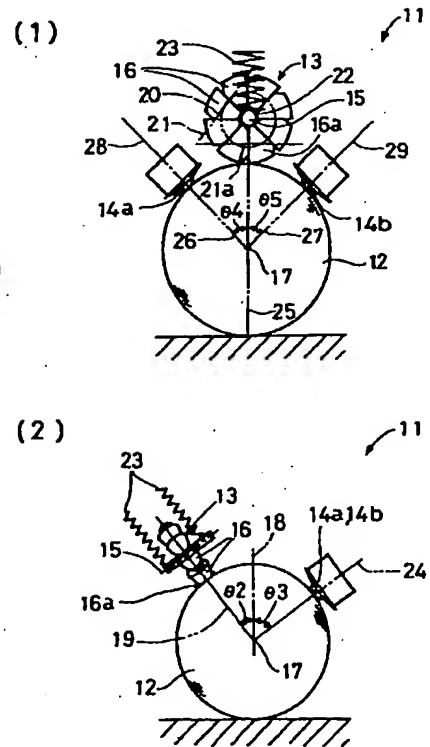
【図7】



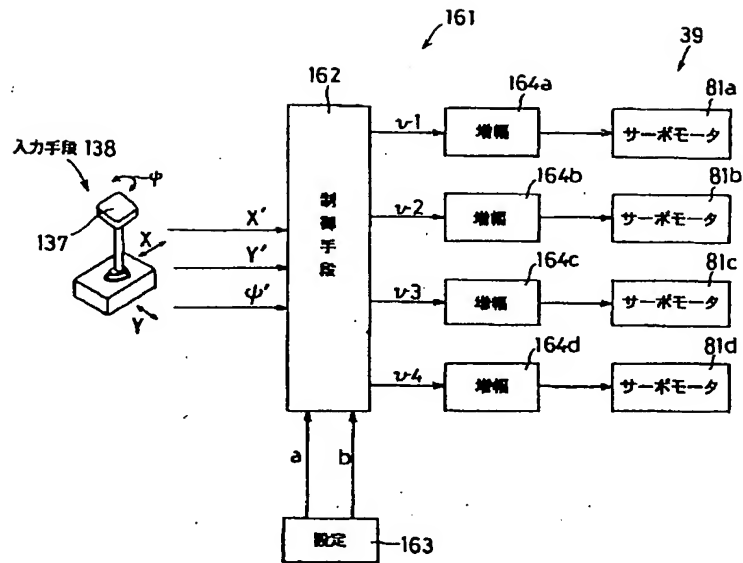
【図8】



【図12】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 久保田 哲也
兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業
株式会社明石工場内
(72)発明者 志子田 繁一
兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業
株式会社明石工場内

(72)発明者 三隅 隆也
兵庫県神戸市中央区港島南町1丁目5番2
号 財団法人新産業創造研究機構内
(72)発明者 中嶋 勝己
兵庫県神戸市中央区港島南町1丁目5番2
号 財団法人新産業創造研究機構内
(72)発明者 桂川 敬史
兵庫県神戸市中央区港島南町1丁目5番2
号 財団法人新産業創造研究機構内